干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

关中平原城市群中心城市空间联系强度研究

李从容， 向文倩
（西安建筑科技大学公共管理学院,陕西 西安 710055）

摘 要：西安市作为关中平原城市群的中心城市,是推动西北地区建设发展的重要引擎。通过对传统引力模型中的质量、距离及引力系数等参数进行改进。基于修正后的引力模型,对西安市及中西部其他国家中心城市与其所在城市群内其他城市的空间联系强度进行测算,并比较分析西安市与其他国家中心城市空间联系能力存在的差距及原因。研究结果表明:(1)关中平原城市群中心城市西安的空间联系强度水平较低。在城市群内与其存在强、较强联系的城市占比仅为30%。而在成渝城市群和长江中游城市群与成都和武汉存在强、较强联系的城市占比较高,分别为60%和48.1%。(2)关中平原城市群内中心城市西安及二级城市咸阳、宝鸡的综合发展水平较低,难以有效地发挥其辐射及承接功能。与其他国家中心城市相比,西安的综合质量远低于成都和武汉,同时二级城市宝鸡与咸阳的综合质量与西安相差约3.4倍。(3)城市间的综合时间距离是影响西安市空间联系强度的重要因素,相较于成都而言,西安市与关中平原城市群内其他城市间的综合时间距离在地缘相近的情况下仍然较长,直接削弱了西安的空间联系能力。因此,亟需加快建设大西安都市圈的步伐,提升中心城市综合实力,积极将宝鸡市建设成为副中心城市,同时完善以西安市为枢纽的城市群交通网络体系,从而提升其运输效率。

关键词：国家中心城市；关中平原城市群；城市空间联系强度；修正引力模型
文章编号：

城市群是以中心城市为核心由多个城市所构成的集合体,中心城市既孕育于城市群又引领着城市群的发展。2020年5月17日国务院发布的《关于新时代推进西部大开发形成新格局的指导意见》明确提出要提升并发挥国家和区域中心城市功能作用,推动城市群高质量发展和大中小城市网络化建设。国家中心城市不仅是区域的核心龙头城市,更应该是地区实现高质量发展的重要推力。自改革开放以来,京津冀、长三角、珠三角等东部城市群依托国家中心城市得到了迅速发展。近年来,随着“一带一路”的深入推进,西部地区的发展备受关注。《关中平原城市群发展规划》的发布使得作为中原城市群的核心引擎和关键支撑的西安市正式跻身国家中心城市行列,如何提升其作为中心城市的辐射带动能力有待进一步研究。

现有关于国家中心城市的评价研究,大多为对评价指标体系的开发[1],又或是运用层次分析等方法对其自身的发展水平进行评价[2-4],但大都忽略了国家中心城市的空间联系能力这一问题。Zipf首次将万有引力模型应用到城市经济学领域,国外学者通过实证检验也发现城市之间的相互作用力与城市规模成正比,与距离成反比[5-6]。在此基础上,国内学者开始采用引力模型分析区域内的相互联系[7-10],模型中的“质量”使用生产总值、人口规模来衡量,“距离”则使用城市间的最短直线距离来表示。然而,还有学者认为仅用人口数量、经济总量衡量城市的发展水平较笼统[11-13],而且随着交通网络的完善,地理距离已不是影响城市间距离的关键因素[14-15],

收稿日期：2019-11-05； **修订日期**：2020-06-28
基金项目：陕西省软科学研究计划项目(2020KRM189)；西安市软科学研究项目(2017110SF/RK004-1)；共青团中央青少年发展研究项目(19YB082)；
作者简介：李从容(1970-),女,陕西西安人,博士,教授,研究方向为城市管理. E-mail: 18074416877@163.com
通讯作者：向文倩(1996-),女,湖南张家界人,硕士研究生,研究方向为城市管理. E-mail: 513660822@qq.com

为了更准确的测量城市间的联系强度，需要根据具体研究内容对引力模型的参数进行修正。

综上，已有研究主要是对国家中心城市自身发展水平进行评价，对其空间联系能力的研究不足；在研究方法上，引力模型被用以测算城市间的空间联系强度，且可根据研究内容对模型的参数进行改进；以西安市为中心城市的关中平原城市群最晚被国家批复建设，在九大城市群中规模也最小，为发挥和提升西安市在关中平原城市群中的核心功能和在"一带一路"建设中的引领作用，亟需对西安市与其他城市的空间联系强度进行深入分析。本文通过构建城市质量综合测量指标体系，建立修正后的引力模型，对西安市与其它关中平原城市群城市之间的空间联系强度进行测算，并比较分析与成都、郑州和武汉3个国家中心城市的差异，对结果讨论分析，提出提升空间联系强度的建议，为西安建设国家中心城市提供参考依据。

1 研究区概况

本文以西安及其所属的关中平原城市群为主要研究对象，成都、武汉、郑州及所在的成渝城市群、长江中游城市群以及中原城市群为比较对象。其中，西安市面积为1.07×10^4 km^2，2018年末常住人口0.1×10^8人，地区生产总值0.83×10^{12}元；关中平原城市群共包括11个城市，跨越3省，分别为陕西省的西安、咸阳、渭南、铜川、宝鸡、商洛6个市，山西省的运城、临汾2个市和甘肃省的天水、庆阳和平凉3个市。成都、武汉、郑州与西安市同属于新一线城市和省会城市。成渝城市群的国家中心城市重庆作为直辖市，属于省级行政单位，是中国人口规模最大的城市，也是西南地区和长江上游地区经济发展中心，与其他中心城市不属于同一量级，故未将其作为比较对象。所有研究区域即4大城市群共包含80个地级市，总面积90.52×10^4 km^2，2017年末常住人口4.2×10^8人，地区生产总值22.5×10^{12}元。

2 研究方法与数据来源

2.1 城市质量测量指标体系构建

城市质量水平是反映城市综合实力的重要指标，目前研究中还未形成统一的城市质量测量指标体系[16-17]，本文基于国家统计局城市社会经济调查总队与中国统计学会城市统计委员会研究组关于城市综合实力的测量指标，参考李博雅[11]、方超[12]、鲍超[18]对城市综合质量的测量指标体系。从人口发展、经济发展、社会发展、生态环保4个方面构建了城市综合质量测量指标体系。在社会发展子系统中，考虑到社会保险的保障范围会影响居民生活质量，补充基本养老保险和医疗保险参保人数作为测量指标。同时，城市的对外运输能力也是城市基础设施建设的重要内容，因此将公路和铁路的客运量纳入到指标体系中；在生态环保子系统中，空气质量是能反映出城市环境质量的重要指标，将空气环境质量达到二级天数作为操作化指标。依据4大城市群的实际情况，综合考虑各市数据资料的可获取性并遵循科学性、系统性、可操作性等原则，最终选取31个操作指标，用以测量城市的综合质量水平。首先采用极值法对数据进行标准化处理，之后为了消除人为的主观因素的影响，提高测量结果的科学性与准确性，运用熵权法，计算出各个指标的权重(表1)。

2.2 修正的引力模型

引力模型由牛顿的万有引力定律推导而来，是测算城市间相互作用强度的重要工具[19]。本文对该模型质量、距离与引力系数3个参数的取值如下：第一，城市质量。以往的研究以地区人口规模或者GDP作为衡量城市质量的指标，但随着区域人口、物质、资本、信息的频繁流动[20]，仅使用单一指标无法充分反映出城市综合质量。因此，从城市人口、经济、社会、环境4个方面构建城市综合质量测量指标体系，以表征城市质量。第二，城市间距离。传统引力模型常采用最短直线距离来表示。但随着交通运输方式的改善，极大地缩短了城市间的实际距离，仅使用直线距离也就不能准确地反映出两地之间的相互关系随距离衰减的情况[21]。因此使用两个城市之间的综合时间距离，即城市之间在铁路和公路两种交通方式下的最短通勤时间的几何平均值表示；但传统引力模型存在一些局限性。第三，对引力系数的修正。传统引力模型中的系数K一般被视为常数1，表示相互作用的主体间是对等关系[22-23]。然而，Ullman的空间相互作用理论所提出的互补性原则，证明了城市间发展水平的差距是产生相互作用的条件，且两者之间的相互作用力处于非均衡状态。从国内城市发展的现实情况来看，

表1 城市综合质量测量指标体系

Tab. 1 Comprehensive urban quality measurement index system

一级指标	二级指标	三级指标	指标权重
城市人口发展	人口规模	年末常住人口	0.035 5
		人口密度	0.026 9
	人口结构	第三产业从业人员比重	0.014 8
		城镇化率	0.016 0
城市经济发展	经济规模	地区生产总值	0.091 4
		固定资产投资额	0.045 5
		公共财政收入	0.074 6
		实际利用外资总额	0.097 8
	经济发展质量	第三产业占GDP比重	0.003 5
		地区生产总值增长率	0.004 3
城市社会发展	居民生活	人均可支配收入	0.005 5
		人均社会消费品零售总额	0.020 2
		城镇登记失业率	0.013 5
		基本医疗保险参保人数	0.071 8
		基本养老保险参保人数	0.055 1
	科教文卫服务	每万人拥有医生数	0.044 4
		每万人拥有医院卫生院床位数	0.041 1
		每万人拥有图书馆藏书	0.027 6
		每万人在校大学生数	0.059 5
		科学技术支出占公共预算支出比重	0.032 3
	基础设施	人均城市道路面积	0.008 8
		排水管道长度	0.068 6
		公路客运总量	0.039 6
		铁路客运总量	0.034 9
		人均邮电业务总量	0.029 3
城市生态环保	生态保护	污水处理率	0.001 9
		生活垃圾无害化处理率	0.001 9
		工业固体废物综合利用率	0.005 6
	空气绿化	人均公园绿地面积	0.009 2
		建成区绿化覆盖率	0.009 0
		空气质量达到二级以上天数	0.009 9

在同一区域内，生产总值越高代表城市发展水平越高，越具有较强的吸引力。因此，本文用城市生产总值的占比对K值进行修正[24]，以此表征城市间相互吸引的潜力大小。修正后的引力模型公式如下：

$$F_{ij} = K_{ij}\frac{Q_i Q_j}{D_{ij}} \tag{1}$$

$$D_{ij} = \sqrt{H \times R} \tag{2}$$

$$K_{ij} = \frac{GDP_i}{GDP_i + GDP_j} \tag{3}$$

式中：i为中心城市；j为非中心城市；F_{ij}为城市i对城市j的引力，即两个城市之间的联系强度；K_{ij}为引力系数；Q_i，Q_j分别为城市i，j的综合质量；D_{ij}为城市i，j之间的综合时间距离；H为城市i，j之间的最短公路时间；R为城市i，j之间的最短铁路时间。

2.3 数据来源

研究数据主要包含以下两个部分：第一部分为城市质量的相关社会经济数据，其主要来源于《2018年中国城市统计年鉴》、《2017年城市建设统计年鉴》等；第二部分为综合时间距离数据，公路最短时间距离的原始数据主要来源于百度地图，铁路最短时间距离的原始数据来源于12306网站。

3 结果分析

3.1 城市综合质量测量结果与分析

3.1.1 各城市综合质量及等级划分 运用熵值法，计算出各个城市的综合质量得分，进一步采用系统聚类法，将城市群内的城市划分为以下4个等级：中心城市、二级城市、三级城市、四级城市，并绘制出各城市群综合质量空间分布图(图1)。结果显示，关中平原城市群与其它城市群相比，综合质量水平总体不高，除成渝城市群为双中心(成都、重庆)，其余均为单中心城市群。各中心城市按综合质量排名依次为成都、武汉、西安、郑州，西安市尚处于靠后的位置；关中平原城市群内部看，中心城市西安的综合质量得分最高(42.69)，是二级城市宝鸡(12.55)、咸阳(12.44)的3.4倍；成渝城市群的中心城市成都(58.41)也是二级城市泸州(16.8)的3.4倍；而在长江中游城市群中与中原城市群中二级城市与武汉、郑州的差距均在2倍以内。综上，关中平原城市群的二级城市宝鸡、咸阳与西安的差距较大，说明在城市群内还未形成强有力的副中心城市。

3.1.2 中心城市综合质量比较分析 比较发现，西安市的教育资源在科教文卫服务领域具有一定的优势，但是在以下几个方面与武汉、成都相比还存在一定的差距(图2)。从具体指标来看，截至2017年末，4大国家中心城市中西安市常住人口数最少，仅为961.67×10⁴人，且是唯一一个经济总量低于万亿的国家中心城市，其实力与战略地位尚不匹配；约2倍的经济发展水平的差距将西安与其他中心城市的居民生活水平差距拉大，体现在西安市居民的人均可支配收入较低，失业率相对较高；在基础设施建设方面，当前西安市的交通运输能力略落后于其他中心城市，其排水设施也有待进一步完善。在生态环境方面，西安的空气质量水平较低，优良天数略低于成都、武汉。综上，西安市本身综合实力较弱，恐将阻碍其辐射带动作用的发挥。

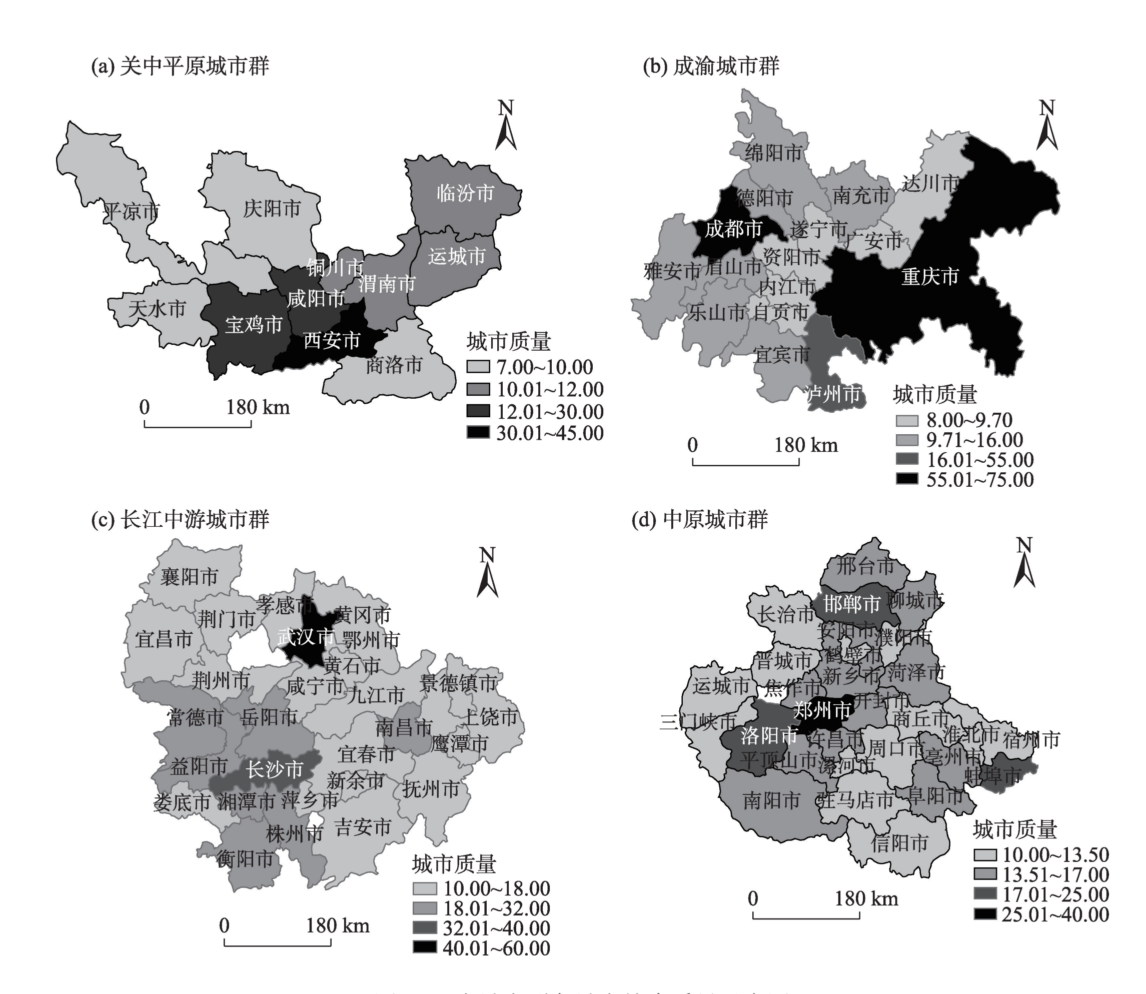


图1 四大城市群各城市综合质量示意图

Fig. 1 Comprehensive quality of the four city groups

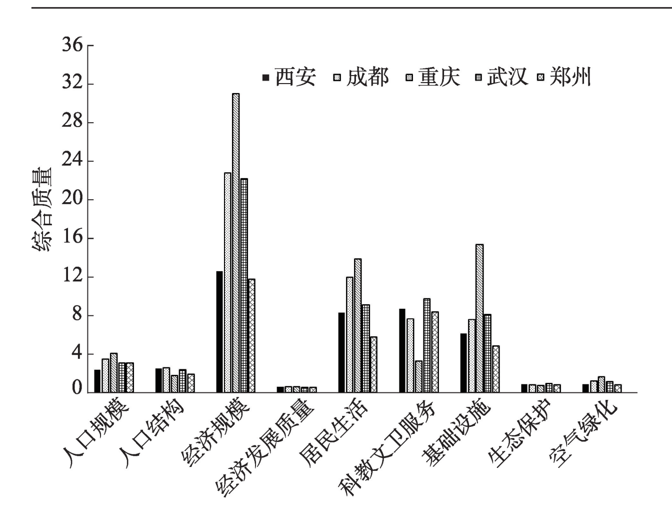


图2　西安市与其他国家中心城市综合质量比较

Fig. 2　Comparison of comprehensive quality between Xi'an City and other central cities

3.1.3　二级城市综合质量比较分析　二级城市本应成为城市群内的副中心城市，需承担起连接中心城市与小城市之间发展的桥梁作用。但是作为二级城市的咸阳和宝鸡与其他城市群的同级城市相比难以发挥应有的作用（图3）。结果显示，一是截至2017年末，咸阳、宝鸡两市的常住人口数量均未超过500万，与西安市相差近2倍。城市群内部的规模等级结构出现"断层"现象，这种特大城市缺位的跳跃式格局极不利于西安辐射功能的有效发挥；二是咸阳与宝鸡主要以技术密集型工业为主，现代服务业和高新技术产业发展相对滞后，导致其面临产业效益低、市场竞争力小、对外开放乏力、缺乏新的经济增长点等问题。三是两市居民收入水平较低，且基本社会保险覆盖范围明显低于与同级城市，居民生活水平难以得到实质提升。因此，咸阳、宝鸡

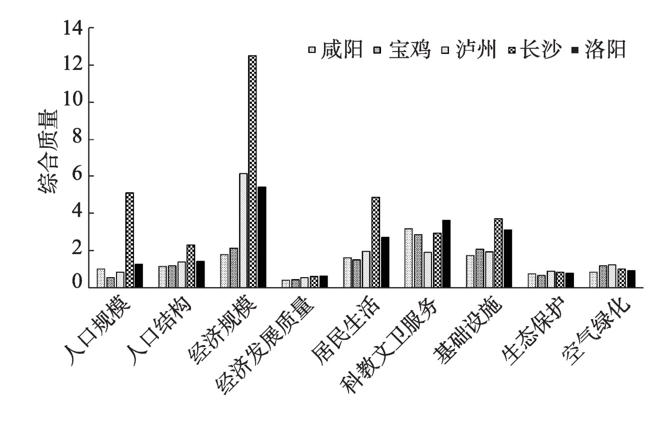


图3　城市群内二级城市综合质量比较

Fig. 3　Comparison of comprehensive strength of secondary cities in urban agglomeration

作为二级城市总体发展水平较低，影响其承接和辐散能力，从而削弱中心城市的辐射作用。

3.2　城市间综合时间距离的测量结果

借鉴郭亮等[25]对"通勤圈"概念的界定，即以特定中心为核心，以完成一定通勤出行为目的的空间范畴集合，通勤时间的计算以通勤圈内所有涉及通勤的最短路径距离进行加权几何平均处理。本文考虑到随着交通运输方式的改善，用交通时间来衡量两地之间的距离更为合理，研究区域内公路与铁路为主要的交通运输方式，通过计算城市间在铁路和公路两种交通方式下的最短时间的几何平均值，得到综合时间距离，并将其划分"2 h通勤圈"、"2～4 h通勤圈""4 h以上通勤圈"。基于此分析中心城市与城市群内各城市间的交通运输状况（表2），表中百分比表示一定综合时间距离下城市数量占总城市数量的比重。

表2　城市间综合时间距离划分

Tab. 2　Division of comprehensive time distance between cities

	西安	成都	武汉	郑州
2 h通勤圈	50%	53%	30%	43%
2～4 h通勤圈	40%	47%	44%	43%
4 h以上通勤圈	10%	0%	26%	14%

根据中心城市与城市群内其他城市的综合时间距离划分结果，可以看出，关中平原城市群内，大部分城市与西安的地缘相近，"2 h通勤圈"以内的城市有咸阳、渭南、铜川、宝鸡、运城5个城市，其比重仅次于成都，商洛虽然与西安市地理距离较近，然而与西安的时间距离仍然较长；相比之下，成都所在城市群内的交通运输效率明显优于其他中心城市，与中心城市成都的综合时间距离超过4 h的城市数量为0，与西安、武汉、郑州的时间距离超过4 h的城市占比分别为10%、26%和14%。跟成渝城市群相比，关中平原城市群内的交通运输网络有待完善，交通运输效率较低，如到目前为止仍没有西安直达庆阳的铁路车次。

3.3　中心城市空间联系强度测算结果及分析

3.3.1　中心城市空间联系强度测算结果　将各城市的综合质量与城市间的综合时间距离代入修正引力模型，得到中心城市的空间联系强度（表3）。为从内部联系的角度解释城市群的均衡程度，基于均

表3 各中心城市空间联系强度

Tab. 3 Spatial connection strength of the central cities

西安		成都		郑州				武汉			
城市	引力	城市	引力	城市	引力	城市	引力	城市	引力	城市	引力
咸阳	17.19	德阳	17.36	新乡	11.17	蚌埠	2.51	鄂州	15.42	娄底	5.02
渭南	11.72	重庆	12.89	开封	10.41	周口	2.32	黄冈	14.53	荆门	3.49
铜川	6.73	眉山	11.53	许昌	9.67	菏泽	2.20	咸宁	12.99	景德镇	3.40
宝鸡	5.21	绵阳	11.32	洛阳	8.75	亳州	2.13	黄石	12.39	益阳	3.27
运城	3.83	资阳	9.39	焦作	8.48	南阳	2.11	孝感	12.38	萍乡	3.19
临汾	2.40	乐山	7.64	鹤壁	6.26	晋城	2.04	岳阳	12.26	新余	3.17
商洛	2.33	雅安	7.29	漯河	5.55	阜阳	2.04	株洲	9.52	常德	3.17
天水	1.92	内江	6.50	安阳	5.38	宿州	1.93	长沙	9.13	宜春	3.01
庆阳	1.45	遂宁	5.92	驻马店	4.86	濮阳	1.88	湘潭	8.91	鹰潭	2.45
平凉	1.24	南充	4.93	邯郸	4.55	淮北	1.66	九江	7.22	上饶	2.43
		泸州	4.61	商丘	4.17	聊城	1.55	南昌	7.07	抚州	2.38
		宜宾	4.47	三门峡	3.61	运城	1.13	衡阳	6.45	吉安	1.80
		自贡	3.52	邢台	3.50	长治	1.12	荆州	5.75		
		广安	3.40	平顶山	2.91			襄阳	5.17		
		达州	2.25	信阳	2.82			宜昌	5.10		

值-标准差分类统计法[26]，将城市间联系强度平均值加减一个标准差为分界点，把空间联系强度划分为4个等级（Ⅰ级：$F_{ij}>9.51$，Ⅱ级：$5.57<F_{ij}<9.51$，Ⅲ级：$1.62<F_{ij}<5.57$，Ⅳ级：$F_{ij}<1.62$）强度由Ⅰ级向Ⅳ级递减，分别表示强、较强、较弱、弱。据此可得出各中心城市空间联系强度总体水平（表4）。

结果显示，在中原城市群内，与郑州市存在强、较强联系的城市占比最低，仅为21.4%；在关中平原城市群内，与西安市有着强、较强联系的城市占比也仅为30%。而与成都与武汉存在强、较强联系的城市占比较高，分别为60%和48.1%；与西安市存在较弱、弱联系的城市占比高达70%，远高于成都（40%）与武汉（51.9%）。可见，目前西安市的空间联系能力相较于成都与武汉而言处于非均衡的发展状态，具体表现为城市群内与其存在仅Ⅲ级（较弱）联系的城市就占到半数以上，而Ⅰ级（强）和Ⅱ级（较强）联系的城市却只占到1/3，说明关中平原城市群内西安市的城市空间联系以弱联系为主。

3.3.2 中心城市空间联系强度分析 基于分析发现（表5），第一，综合时间距离是影响西安市空间联系能力的重要因素之一，其空间联系强度会随着通勤时间的增长而趋弱。与成都和武汉相比，西安市和郑州市的空间联系能力受到综合时间距离的阻碍更为显著，具体表现为随着通勤时间的变长，与中心城市有强、较强联系的城市数量越来越少，而存在较弱、弱联系的城市数量呈现逐渐增多的趋势。如三级城市临汾与中心城市的通勤时间较长，直接减弱了西安对其的空间辐射能力。第二，西安作为中心城市，其综合实力较弱难以克服地理距离对空间联系能力产生的负向影响。在“2 h通勤圈”内，与西安存在强联系的有二级城市咸阳、三级城市渭南，而与郑州和武汉有强联系的大多是其所在城市群内的四级城市，说明了咸阳主要是凭借优越的地理位置，其综合实力还存在较大的发展空间。这反

表4 各中心城市空间联系强度分类

Tab. 4 Classification of spatial connection strength of the central cities

类型	Ⅰ级	占比	Ⅱ级	占比	Ⅲ级	占比	Ⅳ级	占比
西安	2	20.0%	1	10.0%	5	50.0%	2	20.0%
成都	4	26.7%	5	33.3%	6	40.0%	–	–
郑州	3	10.7%	3	10.7%	19	67.9%	3	10.7%
武汉	7	25.9%	6	22.2%	14	51.9%	–	–

表5 不同通勤圈内各国家中心城市空间联系强度比较

Tab. 5 Comparison of spatial connection strength of national central cities in different commuting circles

	联系强度	西安	成都	郑州	武汉
2 h 通勤圈	强	咸阳、渭南	德阳、眉山、绵阳	新乡、开封、许昌	鄂州、黄冈、咸宁、黄石、孝感、岳阳
	较强	铜川	资阳、乐山、内江、雅安、遂宁	焦作、鹤壁、洛阳	荆州、九江
	较弱	宝鸡、运城	—	漯河、安阳、驻马店、邯郸、商丘、三门峡	—
	弱	—	—	—	—
2～4 h 通勤圈	强	—	重庆	—	株洲
	较强	—	—	—	长沙、湘潭、南昌、衡阳
	较弱	商洛、临汾、天水	南充、宜宾、自贡、广安、泸州、达州	邢台、信阳、平顶山、周口、晋城、宿州、菏泽、亳州、濮阳、蚌埠、阜阳、南阳	宜昌、襄阳、荆门、娄底、景德镇、萍乡、宜春
	弱	庆阳	—	—	—
4 h以上通勤圈	强	—	—	—	—
	较强	—	—	—	—
	较弱	—	—	淮北	抚州、鹰潭、新余、上饶、益阳、常德、吉安
	弱	平凉	—	聊城、运城、长治	—

映出西安市综合质量水平与武汉、成都相比存在的差距，直接影响到其辐射能力的发挥。第三，二级城市宝鸡与西安的综合实力差距较大，导致其与西安的空间联系强度仅处于较弱水平。而其他城市群中的二级城市，如长沙与中心城市武汉之间虽间隔距离较长，但凭借较强的综合实力与武汉仍存在较强联系。这表明了宝鸡作为关中平原城市群内的二级城市，与其他城市群中的同级城市相比综合实力水平较低，尚难以承担起作为副中心目标城市的承接与辐散功能。

4 结论与启示

基于2017年4大城市群内共80个地级市的相关数据，采用修正引力模型在测算各城市综合质量水平与中心城市空间联系强度的基础上，比较分析西安市与其他城市存在的差距及原因，得到以下结论与启示：

(1) 在城市综合质量方面，中心城市西安市本身综合实力较弱。与成都市的综合质量得分相差1.3倍，虽然西安在科教文卫方面具有一定的优势，但是在经济发展领域，西安与成都、武汉相比仍存在约2倍的差距，其经济水平直接缩小了居民生活与基础建设水平的提升空间，同时也阻碍了城市人口规模的扩张；作为二级城市的宝鸡、咸阳与同级城市相比发展水平偏低，且与中心城市西安的综合实力悬殊，综合质量得分相差3.4倍。说明其未形成强有力的副中心城市，难以承担起连接中心城市与其他小城市桥梁的重要作用。

(2) 关中平原城市群中心城市与其他城市的时间距离较远。根据城市综合时间距离及城市群通勤圈的划分来看，虽然大部分城市与西安地缘相近，但它们之间的综合时间距离相对较长，如西安与临汾、宝鸡等城市的空间联系强度明显受制于时间距离。说明了关中平原城市群地处西北，交通运输条件欠发达，该城市群内交通网络密度较低，从而其交通运输效率也偏低，使中心城市对其他城市的辐射作用受到交通条件的影响较大。

(3) 关中平原中心城市西安的空间联系强度分布尚处于非均衡状态，且以弱联系为主。作为最新被批复的国家中心城市，关中平原城市群各城市与西安市存在强联系的占到20%，而弱联系的占比高达70%。同为国家中心城市的成都、武汉与其所在城市群内其他城市存在的弱联系的仅占到1/2。基于横向对比可以发现，中心城市西安市的辐射能力与发展较好的国家中心城市相比还存在较大的差距，其空间联系能力还有待进一步开发。

基于以上研究结论，得到如下提升西安市空间联系能力的启示：

(1) 西安市自身综合实力的提升是关键。首先，应加速推进西咸一体化的进程，建设大西安都市圈。加快西咸资源的整合与共享，使两市产业错

位发展、优势互补。提升和完善中心城市的功能；其次，应结合城市发展需求，制定具有特色的人才引进政策，实现精准引才。建立和完善收入增长机制，保证居民工资与经济增长同步，提升保障服务水平做到应保尽保；最后，加强对空气质量的监测管理，加大对高污染企业的惩罚力度。适当实行限行的方法控制机动车数量，从而减少尾气排放对空气造成的污染。

（2）积极将宝鸡培育成为副中心城市是重点。应增强其与中心城市西安的互补性，形成综合实力较强的次级增长极。一方面，围绕建设国家火炬计划宝鸡钛产业基地，将宝鸡打造成为中国的“钛谷”，推进汽车及零部件、机床工业等先进装备制造业产业集群，将宝鸡建设成西部地区工业强市，培育出新的经济增长点，以此提升其文化、教育、医疗等公共服务质量，完善基础设施建设，从而改善居民生活水平。另一方面依托产业集群的建设，吸引企业入驻，增加就业机会，进而促进人口的聚集。还应通过产学研深度融合，将宝鸡文理学院等学校的人才培养与宝鸡的发展需求相对接，破解专业“人才荒”的难题。

（3）完善以西安为中心的多节点城市群交通运输网络体系是必要手段。首先，要推动城际铁路、省级高速公路、国省干线、国际航空枢纽建设，从而形成由航空、铁路、公路、管道等多种运输方式组成的，联结各级城市的综合运输网。增强主干道、客运枢纽、物流中心的衔接和集散，逐步实现区域内零距离换乘、各类运输方式无缝化衔接，全面提升交通运输能力和效率。其次，加快启动宝鸡、天水、平凉等民用支线机场建设项目，形成“干支结合”的机场体系。积极将宝鸡、渭南、咸阳等建设成为区域交通枢纽，并实现单中心放射状交通运输网格局向多节点网络化格局的转变。

5 讨 论

关中平原城市群中心城市西安作为最新被批复的西北地区唯一一个国家中心城市，对其中心辐射能力及提升对策的探讨较为重要。现有研究多运用传统引力模型探讨区域内城市间的联系强度，而较少采用引力模型研究国家中心城市的辐射能力，也未将其与其他国家中心城市展开横向对比。本文利用修正引力模型对西安的空间联系能力进行测度，并将西安与其他中西部国家中心城市进行比较。但本研究关于城市质量综合指标体系的构建仍不够全面，受限于相关数据的获得，未涉及到城市智能化水平等的相关指标，在今后的研究中应运用大数据的功能，将符合时代发展的相关指标考虑进来。此外，由于本研究所设计的区域位处中西部内陆地区，由于发展水平所限，区域内的交通方式主要包括公路、铁路两类。但是纵观其他较发达且覆盖面较广的城市群，如长三角、珠三角等地区，其航空运输所也是区域内重要的交通方式，因此本文所采用的综合时间测量方式并不适用于所有城市群，之后的研究需根据具体研究对象适当进行调整。

参考文献（References）

[1] 杜鹏, 夏斌, 杨蕾. 国家中心城市智能化发展评价指标体系研究[J]. 科技进步与对策, 2013, 30(6): 108−112. [DU Peng, XIA Bin, YANG Lei. Study on the evaluation index system of intelligent city for national central cities[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2013, 30(6): 108−112.]

[2] 李霞, 戴胜利. 面向建设国家中心城市的智慧武汉发展评价及模式优化: 理论与实证[J]. 中国软科学, 2018(1): 77−89. [LI Xia, DAI Shengli. Research on development evaluation and mode optimization of Smart Wuhan oriented to national central city: Theory and empirical analysis[J]. China Soft science, 2018(1): 77−89.]

[3] 田美玲, 刘嗣明, 朱媛媛. 国家中心城市综合评价与实证研究——以武汉市为例[J]. 科技进步与对策, 2013, 30(11): 117−121. [TIAN Meiling, LIU Siming, ZHU Yuanyuan. The comprehensive evaluation and strategy of National Central Cities[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2013, 30(11): 117−121.]

[4] 郭志强, 吕斌. 国家中心城市竞争力评价[J]. 城市问题, 2018, 280(11): 30−38. [GUO Zhiqiang, LYU Bin. Competitiveness evaluation of national central cities [J]. Urban Problems, 2018, 280(11): 30−38.]

[5] ULLMAN E L. American commodity flow[M]. Seattle: University of Washington Press, 1957: 60−73.

[6] TAAFFE E J . The urban hierarchy: An air passenger definition[J]. Economic Geography, 1962, 38(1): 1−14.

[7] 劳昕, 沈体雁, 杨洋, 等. 长江中游城市群经济联系测度研究——基于引力模型的社会网络分析[J]. 城市发展研究, 2016, 23(7): 91−98. [LAO Xin, SHEN Tiyan, YANG Yang, et al. A study on the economic network of the urban agglomeration in the middle reaches of the triangle of Central China: Based on social network analysis method with gravity model[J]. Urban Studies, 2016, 23(7): 91−98.]

[8] 王明, 郑念. 城市群内部协同的圈层分化问题研究——基于“环

长株潭城市群”的分析[J]. 中国科技论坛, 2019, (8): 87-94. [Wang Ming, Zheng Nian. The layer differentiation issue of inner economic cooperation in agglomeration: A case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan City Group[J]. Forum on Science and Technology in China, 2019, (8): 87-94.]

[9] 虞文宝, 宋晓谕, 简富缋. 基于引力模型的丝绸之路经济带甘肃段节点城市空间发展战略[J]. 干旱区研究, 2017, 34(4): 921-930. [YU Wenbao, SONG Xiaoyu, JIAN Fuhui. Spatial development strategy of node cities along the Silk Road Economic Belt in Gansu Province based on gravity model[J]. Arid Zone Research, 2017, 34(4): 921-930.]

[10] 李雪梅. 新疆绿洲城镇组群内部经济联系及空间差异测度研究[J]. 干旱区地理, 2019, 42(1): 180-186. [LI Xuemei. Measuring of internal economic relation and space difference of oasis town groups in Xinjiang[J]. Arid Land Geography, 2019, 42(1): 180-186.]

[11] 李博雅. 基于修正引力模型的山西省城市经济联系分析[J]. 经济问题, 2018, (7): 116-122. [LI Boya. Analysis of urban economic connections in Shanxi Province: Based on modified gravity model[J]. On Economic Problems, 2018, (7): 116-122.]

[12] 方超, 盛旗锋, 李少付. 基于引力模型的皖北城市经济联系研究[J]. 地域研究与开发, 2018, (2): 25-28, 35. [FANG Chao, SHENG Qifeng, LI Shaofu. Economic links between the cities in north Anhui based on gravity model[J]. Areal Research and Development, 2018, (2): 25-28, 35.]

[13] 刘建华, 李伟. 基于修正引力模型的中原城市群创新空间联系研究[J]. 地域研究与开发, 2019, 38(5): 63-68, 90. [LIU Jianhua, LI Wei. Spatio-temporal pattern evolution and driving factors of tourism efficiency in northeast China[J]. Areal Research and Development, 2019, 38(5): 63-68, 90.]

[14] 蒋奕廷, 蒲波. 基于引力模型的成渝城市群吸引力格局研究[J]. 软科学, 2017, 31(2): 98-102. [JIANG Yiting, PU Bo. Analysis of attraction pattern in Chengdu-Chongqing urban agglomeration based on a gravity model[J]. Soft Science, 2017, 31(2): 98-102.]

[15] 杨晓敏, 李玲琴, 付建新, 等. 30 a青海省公路可达性及县域经济联系格局演化[J]. 干旱区地理, 2018, 41(6): 236-247. [YANG Xiaomin, LI lingqin, FU Jianxin, et al. Pattern variation of accessibility and economic linkage at county scale in Qinghai Province from 1986 to 2016[J]. Arid Land Geography, 2018, 41(6): 236-247.]

[16] 杨文, 刘永功. 中国城市发展质量评价[J]. 城市问题, 2015, (2): 2-7. [YANG Wen, LIU Yonggong. Quality evaluation of urban development in China [J]. Urban Problems, 2015, (2): 2-7.]

[17] 赵正, 王佳昊, 冯骥. 京津冀城市群核心城市的空间联系及影响测度[J]. 经济地理, 2017, 37(6): 60-66. [ZHAO Zheng, WANG Jiahao, FENG Ji. Research on the spatial correlation of central cities in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration[J]. Economic Geography, 2017, 37 (6): 60-66.]

[18] 鲍超, 邹建军. 中国西北地区城镇化质量的时空变化分析[J]. 干旱区地理, 2019, 42(5): 1141-1152. [BAO Chao, ZHOU Jianjun. Spatiotemporal variations of urbanization quality in northwest China[J]. Arid Land Geography, 2019, 42(5): 1141-1152.]

[19] 陈彦光, 刘继生. 基于引力模型的城市空间互相关和功率谱分析——引力模型的理论证明、函数推广及应用实例[J]. 地理研究, 2002, 21(6): 742-752. [CHEN Yanguang, LIU Jisheng. Derivation and generalization of the urban gravitational model using fractal idea with an application to the spatial cross-correlation between Beijing and Tianjin[J]. Geographical Research, 2002, 21(6): 742-752.]

[20] ECKMANN M J, MCPHERSON J C. City size distribution in a central place hierarchy: An alternative approach[J]. Journal of Regional Science, 2006, 10(1): 25-33.

[21] 田野, 罗静, 孙建伟, 等. 武汉城市圈内部空间联系及其轴-辐网络结构演化[J]. 地理科学进展, 2019, 38(7): 1093-1102. [TIAN Ye, LUO Jing, SUN Jianwei, et al. Urban spatial linkages and the hub-spoke network structure in the Wuhan metropolitan area[J]. Progress in Geography, 2019, 38 (7): 1093-1102.]

[22] 闫卫阳, 王发曾, 秦耀辰. 城市空间相互作用理论模型的演进与机理[J]. 地理科学进展, 2009, 28(4): 511-518. [YAN Weiyang, WANG Fazeng, QIN Yaochen. Analysis of the principle and evolvement of the theoretic models of urban spatial interaction[J]. Progress in Geography, 2009, 28(4): 511-518.]

[23] 孙伟, 闫东升, 吴加伟. 城市群范围界定方法研究——以长江三角洲城市群为例[J]. 地理研究, 2018, 37(10): 83-96. [SUN Wei, YAN Dongsheng, WU Jiawei. On the urban agglomeration scope definition method: A case study of the Yangtze River Delta[J]. Geographical Research, 2018, 37(10): 83-96.]

[24] 王松茂, 徐宣国, 马江涛, 等. 新疆旅游经济网络特征的时空演变研究——基于修正的引力模型及社会网络分析[J]. 干旱区地理, 2020, 43(2): 458-465. [WANG Songmao, XU Xuanguo, MA Jiangtao. Spatial and temporal evolution of the tourism economy network in Xinjiang: Based on modified gravity model and social network analysis[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(2): 458-465.]

[25] 郭亮, 郑朝阳, 黄建中, 等. 基于通勤圈识别的大城市空间结构优化——以武汉市中心城区为例[J]. 城市规划, 2019, 43(10): 43-54. [GUO Liang, ZHENG Chaoyang, HUANG Jianzhong, et al. Spatial structure optimization of large cities based on commuter circle recognition: A case study of the Wuhan downtown[J]. City Planning Review, 2019, 43(10): 43-54.]

[26] WALLENSTEIN S, ZUCKER C L, FLEISS J L. Some statistical methods useful in circulation research[J]. Circulation Research, 1980, 47(1): 1.

Spatial connection intensity of central cities in Guanzhong Plain City Group

LI Cong-rong, XIANG Wen-qian

(*School of Public Administration, Xi' an University of Architectural Science and Technology, Xi' an* 710000, *Shaanxi, China*)

Abstract: Xi' an is the central city of the Guanzhong Plain urban agglomeration and the only national central city in northwest China. It is an important engine for the construction and development of northwest China. The traditional gravitational mode is improved in the parameters such as mass, distance and gravitational coefficient. Based on the revised gravitational model which, the strength of the spatial connection between the central cities of Xi' an and other countries in central and western China and other cities within the city cluster is measured to compare and analyze the gaps and causes of the spatial connectivity between Xi' an and other central cities. The empirical research results show that: (1) Xi' an, the central city in the Guanzhong Plain urban agglomeration, has a relatively low level of spatial connection intensity. The proportion of cities with strong ties with Xi' an in the Guanzhong Plain urban agglomeration is only 30.0% . However, Chengdu and Wuhan have a relatively high proportion of cities with strong ties with other cities in their urban agglomeration, accounting for 60.0% and 48.1%, respectively. (2) Xi' an, the central city within the Guanzhong Plain urban agglomeration and the second-tier cities Xianyang and Baoji, has a low comprehensive development level. Moreover, there is a large gap in the development level between these two levels of cities, making it difficult to effectively exert their radiation and undertaking functions. Compared with central cities in other countries, the overall quality of Xi' an is much lower than that of Chengdu and Wuhan, while the comprehensive quality of the second-tier cities Baoji and Xianyang is 3.4 times lower than that of Xi' an. (3) The comprehensive time distance between cities is an important factor that affects the strength of Xi' an' s spatial connection. Compared with Chengdu and Wuhan, although Xi' an is close to other cities in the Guanzhong Plain urban agglomeration, Xi' an is different from other cities. The city' s comprehensive time distance is still relatively long, which directly weakens Xi' an' s spatial connectivity. Therefore, it is necessary to speed up the construction of the Greater Xi' an metropolitan area and continuously improve the comprehensive strength of the central city. On the other hand, it is also necessary to actively build Baoji City into a sub-central city with stronger comprehensive strength and to perfect Xi' an as the hub of the transportation network system of the Guanzhong Plain urban agglomeration to improve the transportation efficiency between the central city of Xi' an and other cities.

Key words: national central city; Guanzhong Plain City Group; urban spatial connection intensity; modified gravitational model